

THESIS

MUNICH

1967

Fettresorption aus einigen  
Säuglingsnahrungen bei Neugeborenen

LANE MEDICAL LIBRARY  
STANFORD UNIVERSITY  
300 PASTEUR DRIVE  
PALO ALTO, CALIF. 94304

BERNHARD WEICHMANN







AUS DER MEDIZINISCHEN POLIKLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Direktor: Professor Dr. W. Seitz

---

FETTESORPTION AUS EINIGEN SÄUGLINSNAHRUNGEN  
BEI NEUGEBORENE

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Medizin

verfaßt und

einer Hohen Medizinischen Fakultät

der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Bernhard Weichmann

aus München

München 1967

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der  
Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. STUHLFAUTH

Mitberichterstatter: Prof. Dr. SEITZ

Dekan: Prof. Dr. KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 7. Juli 1967

**Meinen Eltern  
in Dankbarkeit!**



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                               | <u>Seite</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Einführung und Problemstellung                                                | 1            |
| Experimenteller Teil                                                          | 5            |
| 1) Versuchsanordnung                                                          |              |
| 2) Darstellung der einzelnen Säuglingsnahrungen                               |              |
| 3) Charakterisierung der einzelnen Nahrungsmittel<br>(Angaben der Hersteller) |              |
| 4) Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung der<br>Milchglyceride              |              |
| 5) Aufarbeitung der Faeces                                                    |              |
| 6) Methylierung der Fettsäuren                                                |              |
| Gaschromatographie                                                            | 11           |
| Durchführung der gaschromatographischen Trennung der<br>Fettsäuremethylester  | 13           |
| Berechnung der Milch- bzw. Kotfettsäuren                                      | 15           |
| Berechnung der Mittelwerte und Streuung                                       | 17           |
| Ergebnisse                                                                    | 18           |
| Diskussion                                                                    | 32           |
| Zusammenfassung                                                               | 41           |
| Literaturverzeichnis                                                          |              |



### Einführung und Problemstellung.

Für den jungen gesunden Säugling stellt die Muttermilch die beste, arteigene und adaequate Nahrung dar. So selbstverständlich dies klingt, so schwierige Fragen wirft es oft auf, wenn ein Säugling auf Muttermilch verzichten muß. Die ausschließlich künstliche Ernährung eines Säuglings war vor Jahren noch in jedem Falle ein unsicheres Unternehmen; aus Statistiken ist bekannt, daß die überwiegende Mehrzahl aller Todesfälle im Säuglingsalter jenseits der Neugeborenenperiode durch die künstliche Ernährung und ihre Folgeerscheinungen bedingt war. Noch im Jahre 1951 stellte CZERMACK<sup>1)</sup> als Ergebnis eines großen internationalen pädiatrischen Kongresses in Zürich fest, daß die Säuglingssterblichkeit bei künstlicher Ernährung 2 1/2 mal so groß wie bei Ernährung durch Muttermilch sei und schwere Ernährungsstörungen fast ausschließlich bei künstlich ernährten Säuglingen vorkämen. Der prüfenden und praktizierenden Pädiatrie war es deshalb zur Aufgabe gestellt, nach Wegen zu suchen, auch mit einer Flaschennahrung den jungen Säugling zu einem guten, möglichst optimalen Gedeihen zu bringen. In den letzten Jahrzehnten wurde sie dabei auch durch die Industrie wirkungsvoll unterstützt.

Für jede künstliche Ernährung gilt die Muttermilch als Maßstab; sie zu synthetisieren wäre ideal. Dieses Ziel scheint jedoch unerreichbar. Sagt doch HEINRICH FINKELSTEIN<sup>2)</sup>: "Wenn somit - wenigstens vorläufig - die künstliche Muttermilch noch nicht den Retorten entquellen will, so bleibt nur der Versuch, rein empirisch durch geeignete Mischungen und Zusätze die Nahrung so umzustellen, daß, wenn auch nicht ihre Zusammensetzung, so doch ihre Erfolge denen des Vorbildes sich nähern."

Grundlage der künstlichen Nahrungsmittel ist die Kuhmilch, die jedoch bekanntlich in ihrer Zusammensetzung der Frauenmilch nicht sehr nahe steht.

Sie bedarf daher einer intensiven Aufbereitung. Die Prinzipien, nach denen heute die meisten künstlichen Säuglingsnahrungen hergestellt werden, könnte man folgendermaßen zusammenfassen:

1. Prinzip der verdünnten, mit Kohlehydraten angereicherten Kuhmilch.
2. Prinzip der verdünnten, mit Kohlehydraten und Fett angereicherten Kuhmilch, wobei auch auf dem Fettsektor eine stärkere Anpassung an die Frauenmilch angestrebt wird.

Der einfache Ersatz der Frauenmilch durch Kuhmilch erwies sich als ungenügend, da bei Fütterung mit unverdünnter Kuhmilch die Säuglinge nur schlecht gediehen. Die dann erprobten 1/2 oder 2/3 Milchverdünnungen brachten andere Schwierigkeiten mit sich: sie sind eiweiß- und mineralstoffreicher, aber wesentlich fettärmer als Muttermilch. BIEDERT<sup>3)</sup> versuchte 1893 als einer der ersten mit Hilfe einer Angleichung der organischen Bestandteile verschiedene Arten "maternisierter" Milch herzustellen. SCHLOSS<sup>4)</sup> und FRIEDENTHAL<sup>5)</sup> beschäftigten sich mit dem Mineralgehalt. Das Problem der Fettanreicherung der Kuhmilch wurde von vielen Autoren immer wieder diskutiert. MÜLLER und SCHLOSS<sup>6)</sup> fügten der Nahrung Sahne zu. Bei CZERNY und KLEINSCHMIDT<sup>7)</sup> diente eine Buttermehleinbrenne als Zusatz, um das Fettdefizit der Kuhmilchverdünnung zu beheben. Die als schädlich angesehenen niedermolekularen Fettsäuren sollten durch Erhitzen der Butter entweichen; dies erwies sich jedoch nach späteren Untersuchungen von HOLT, TIDWELL, KIRK, CROSS und NEALE<sup>8)</sup> als unrichtig. GERSTENBERGER, HASKINS, MC.GREGOR und RUH<sup>9)</sup> erreichten unter Berücksichtigung der Verseifungs- und Jodzahlen durch Beigabe einer Mischung aus Schmalz und Kakaonußöl zur Kuhmilch bereits eine relativ gute Anpassung des Fettes an die Muttermilch. Diese "humanisierte" Milch hatte einen Fettgehalt von etwa 4,5 %. FRONTALI<sup>10)</sup> verwendete schließlich

im Jahre 1924 reines Olivenöl als Ersatz des Butterfettes. Er hatte durch Versuche festgestellt, daß die Faeceslipide stets einen höheren Schmelzpunkt aufwiesen als die durch die Nahrung aufgenommenen Fette; er schloß daraus auf eine bessere Resorbierbarkeit der ungesättigten Fette mit ihrem niedrigen Schmelzpunkt, die auch in der Frauenmilch überwiegen. Diese Feststellungen wurden durch WEIJERS und VAN DE KAMER<sup>11)</sup> bestätigt, die ebenfalls im Stuhl mehr gesättigte als ungesättigte Fettsäuren fanden. Auf die Bedeutung einiger hochungesättigter Fettsäuren wurde von BURR und BURR<sup>12)</sup> hingewiesen. Die Sonderstellung der Linolsäure speziell für den Säugling wurde von HANSEN und seinen Mitarbeitern<sup>13)</sup> herausgearbeitet.

Heute haben die Forschungen, die auf dem Gebiet der künstlichen Säuglingsernährung betrieben werden, allgemein zum Ziele, die Adaption an die Frauenmilch in möglichst großem Umfang zu erreichen, da Versuche zeigten, daß schon durch die grob chemische Anpassung der Kuhmilch an die Frauenmilch der Säuglingsorganismus einer geringeren metabolischen Belastung ausgesetzt ist.

Schon oft wurden Studien über die Fettbilanzen der Säuglinge durchgeführt, wobei ziemlich differierende Werte gefunden wurden. Mit Sicherheit wurde jedoch festgestellt, daß normale reife Säuglinge Frauenmilchfett besser vertragen als Kuhmilchfett. Bei solchen vergleichenden Studien ist aber immer zu berücksichtigen, daß die Fettresorption durch verschiedene Faktoren beeinflusst wird, von der Struktur des Fettes, vom Alter des Säuglings, vom Grad der Adaption der Verdauungsfunktionen an die artfremde Nahrung und von Art und Anteil der übrigen Nahrungsbestandteile. Der Paediatric ROMINGER sieht in der Fettresorption eine werdende Funktion. Für ihre anfängliche Unvollkommenheit wurden als ursächlich folgende Faktoren diskutiert:

1. eine ungenügende Gallensäureproduktion,
2. eine ungenügende Fermentbildung des Pankreas,
3. eine ungenügende Fettpassage durch die Darmwand infolge Unterentwicklung der Darmkapillaren und Darmzotten,
4. Störung der Darmmotilität als Folge.

In den früheren Studien über die Fettresorption oder Verbrennung bei Säuglingen bezogen die Autoren ihre Ergebnisse zumeist aus Messungen des Kohlenstoffumsatzes und des Sauerstoffverbrauchs sowie aus den jeweiligen Gewichtsveränderungen. Solche Bilanzstudien brachten natürlich viele Fehlerquellen mit sich, vor allem, da die Berechnung der Lipide der Nahrung und Seifen des Stuhls mit einem angenommenen mittleren Molekulargewicht erfolgte und der variierende Anteil der einzelnen Fettsäuren darin nicht berücksichtigt wurde. Heute ermöglicht uns die Gaschromatographie eine weitgehende Aufgliederung der Fette in ihre Fettsäuren.

Das Ziel dieser Arbeit war es nun, speziell die Resorption des Fettkörpers bei verschiedenen künstlichen Säuglingsnahrungen der vorhin erwähnten Typen zu prüfen. Zu diesem Zwecke wurde der Anteil der Fettsäuren in der Nahrung und im Stuhl getrennt bestimmt. Die gefundenen Werte waren Grundlage für Berechnungen der Resorptionsquote der einzelnen Fettsäuren und schließlich der Gesamtresorption des Fettkörpers in den Säuglingsmilchen.

## Experimenteller Teil.

### 1. Versuchsanordnung

Die Fettbilanzuntersuchungen wurden mit gesunden Neugeborenen beiderlei Geschlechts durchgeführt. Die Probanden wurden von Geburt an bis Beendigung der Versuche jeweils mit der gleichen Säuglingsnahrung gefüttert, in je 8 Fällen mit Alete N-1, Pomil und Pelargon, in 5 Fällen mit Alete f-1. Mit Rücksicht auf eventuell vorhandene Reste von Mekonium, wurde der Beginn der Versuchsperiode einheitlich auf den dritten Lebenstag festgelegt. Die Versuchsdauer betrug zwischen drei und sechs Tagen. Der während dieser Zeit ausgeschiedene Stuhl wurde in "Babyli"-Windeleinlagen aufgefangen und in einem Plastikbeutel bis zur alsbaldigen Verarbeitung auf  $-18^{\circ}\text{C}$  eingefroren, um chemische Veränderungen und Prozesse zu vermeiden.

### 2. Darstellung der einzelnen Säuglingsnahrungen

Die künstlichen Säuglingsnahrungen wurden normalen Handelspackungen entnommen. Die trinkfertige Milch wurde jeweils nach den Vorschriften der Hersteller zubereitet. Die gefütterte Milchmenge wurde jedesmal genau gemessen und aufgeschrieben. Von der täglich hergestellten Milch wurde eine Probe entnommen und ebenfalls bei  $-18^{\circ}\text{C}$  eingefroren und aufbewahrt.

### 3. Charakterisierung der einzelnen Nahrungsmittel ( Angaben der Hersteller )

Alete N-1 ist eine Milch- und Zitronensäure gesäuerte, gesprühte Säuglingstrockennahrung. 100 ml trinkfertiger Nahrung enthalten:

|               |                      |                                                    |
|---------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| Protein       | 2,8 g                | ( Protein aus einer 1/2- Milch + 1,2 Säurecasein ) |
| Fett          | 2,5 g                | ( ausschließlich Kuhmilchfett )                    |
| Kohlenhydrate | 11,2 g               |                                                    |
|               | Laktose              | 7,65                                               |
|               | Dextrin-Maltose      | 1,65                                               |
|               | Dext. -Malt. spezial | 0,6                                                |
|               | Maisstärke           | 0,8                                                |
|               | Q 3                  | 0,5                                                |
|               |                      | <hr/>                                              |
|               |                      | 11,20 g                                            |

Das Dextrin-Maltosegemisch ist aus Kartoffelstärke gewonnen.

Q 3 ist Johannisbrot-Kernmehl und enthält  $\beta$ -glycosidisch verknüpfte hochpolymere komplexe Kohlenhydrate, welche stark quellen.

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| Asche                    | 0,4 g  |
| Milch- und Zitronensäure | 0,16 g |

Der Kalorienwert der zubereiteten Nahrung beträgt insgesamt 80 kcal/100 ml.

Pelargon ist ebenfalls eine Säuremilch in Pulverform.

100 ml fertiger Trinkmilch enthalten:

|               |                 |                                 |
|---------------|-----------------|---------------------------------|
| Protein       | 2,5 g           | ( Protein einer 2/3- Kuhmilch ) |
| Fett          | 2,6 g           | ( Butterfett )                  |
| Kohlenhydrate | 8,6 g           |                                 |
|               | Laktose         | 3,5                             |
|               | Saccharose      | 1,9                             |
|               | Dextrin-Maltose | 1,9                             |
|               | Stärke          | 1,3                             |
|               |                 | <hr/>                           |
|               |                 | 8,6 g                           |

Bei der Stärke dürfte es sich um Maisstärke handeln;  
beim Dextrin-Maltosegemisch um eine abgebaute Maisstärke.

Asche 0,65 g

Milch- und Zitronensäure 0,3 g

Vitaminierung 1980 I.E. Vit. A, 0,42 mg Vit. B<sub>1</sub>, 0,69 mg Vit. B<sub>2</sub>,  
0,27 mg Vit. B<sub>6</sub>, 4,95 mg Niacin, 42,0 mg Vit. C,  
525 I.E. Vit. D.

Der Kalorienwert pro 100 ml trinkfertiger Nahrung beträgt 69 kcal.

Pomil ist eine ungesäuerte Säuglingsnahrung, die in Pulverform in den  
Handel kommt. 100 ml der zubereiteten Trinkmilch enthalten:

Protein 2,2 g ( Protein einer 2/3- Kuhmilch )

Fett 3,3 g ( Mischung von Kuhmilchfett mit Keimölen )

|               |       |            |       |
|---------------|-------|------------|-------|
| Kohlenhydrate | 8,3 g | Laktose    | 5,3   |
|               |       | Saccharose | 1,2   |
|               |       | Stärke     | 1,8   |
|               |       |            | <hr/> |
|               |       |            | 8,3 g |

Asche 0,4 g

Vitaminierung 1500 I.E. Vit. A, 0,5 mg Vit. B<sub>1</sub>, 1,0 mg Vit. B<sub>2</sub>,  
0,7 mg Vit. B<sub>6</sub>, 35 mg Vit. C, 25,0 mg Vit. E.

In 100 ml Trinkmilch sind 71 kcal enthalten.

Alete f-1 ist ebenfalls Süßmilch . Sie ist in konzentrierter Form  
flüssig in Dosen erhältlich. Für die Zubereitung als Trinkmilch wird

sie zu 1/2 mit Wasser verdünnt; 100 ml davon enthalten

Protein 2,0 g ( Protein einer 1/2- Milch + 0,4 Alkalikaseinat )

Fett 3,3 g ( Kuhmilchfett 2,7 + 0,6 Sojaöl )

|               |       |                 |       |
|---------------|-------|-----------------|-------|
| Kohlenhydrate | 8,8 g | Laktose         | 4,2   |
|               |       | Dextrin-Maltose | 1,7   |
|               |       | Saccharose      | 1,5   |
|               |       | Stärke          | 1,4   |
|               |       |                 | <hr/> |
|               |       |                 | 8,8 g |

Die Stärke ist Kartoffelstärke; auch das Dextrin-Maltosegemisch ist hieraus durch enzymatischen Abbau hergestellt.

Asche 0,4 g

Vitaminierung 1500 I.E. Vit. A, 0,4 mg Vit. B<sub>1</sub>, 0,3 mg Vit. B<sub>6</sub>,  
0,4 mg Niacin, 4,0 mg Panthotenat, 50 mg Vit. C,  
5,0 mg Vit. E.

Der Kaloriengehalt der fertigen Trinkmilch beträgt 75 kcal.

#### 4. Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung der Milchglyceride

Je 5 ml der Milchprobe werden in den 150 ml Erlenmeyerkolben eingewogen. Dazu gibt man 10 ml 33 %ige Kalilauge und 40 ml Aethanol, das 0,4 % Amylalkohol enthält. Man kocht diese Mischung bis zur Verseifung der Lipide 20 min. lang ( unter Rückfluß ) und stellt sie dann ins Eisbad. Zur Freisetzung der Fettsäuren aus den Seifen säuert man mit 17ml 25 %iger HCL an und kühlt das Ganze wiederum. Darauf werden genau 50 ml Petroläther zugegeben, der Erlenmeyerkolben mit einem

Schliffstopfen fest verschlossen und etwa 1 min. lang kräftig geschüttelt. Dabei gehen die Fettsäuren in den Petrolaether über. Nach Trennung in zwei Phasen werden 25 ml der Petrolaetherschicht ( oben ) abpipettiert und in einem 25 ml Schliffkolben aufbewahrt. 5 ml dieses Extraktes werden mit 0,1 ml einer 2 %igen Thymolblaulösung versetzt und mit 0,1 n isobutylalkoholischer Kalilauge bis zum Farbumschlag gelb/blau titriert. Der Titrationswert ist der Konzentration der im Petrolaether gelösten Fettsäuren proportional. Zur gaschromatographischen Auftrennung werden in einem aliquoten Teil aus Fettsäuren die Fettsäuremethylester hergestellt ( siehe bei Faecesaufarbeitung ).

##### 5. Aufarbeitung der Faeces

Der bei  $-18^{\circ}$  C eingefrorene und aufbewahrte gesamte Stuhl wird im Kältelabor von den Windeleinlagen befreit, in einer Reibeschale mit flüssiger Luft übergossen und zu Pulver zerrieben. Dieses wird bis zur Weiterverarbeitung bei  $-20^{\circ}$  C gelagert. Die Ermittlung des Stuhlgewichts erfolgt durch Differenzwägung der Windeln vor und nach Entnahme des Stuhls. Nach VAN DE KAMER et al.<sup>14)</sup> werden 5 gr. dieses Pulvers in einen 150 ml Erlenmeyerkolben eingewogen, wie bei Milch beschrieben, aufgearbeitet und die in der Petrolaetherschicht enthaltene Fettsäurekonzentration durch Titration bestimmt.

Die Fettsäuren im Petrolaetherextrakt werden von gefärbten Bestandteilen, die die gaschromatographische Trennung stören, auf einer Kieselgelsäure abgetrennt. Ca. 1 gr. Kieselgel nach Mallinckrodt wird in eine Chromatographiesäule gegeben, über deren Austrittsöffnung etwa 2 cm hoch feine Glaswolle eingelegt wurde, und mit 10 ml Petrolaether versetzt. Auf dieses angefeuchtete Kieselgel gibt man nun etwa 1 ml des

die Fettsäuren enthaltenden Petrolaetherextraktes und wäscht 4 mal mit 5 ml Petrolaether nach; die Eluate werden verworfen. Die Fettsäuren werden mit 5 mal 5 ml Petrolaether-Diaethylaether-Gemisch eluiert. Das Eluat wird fast ganz eingedampft und die Fettsäuren werden schließlich mit 4 mal 0,5 ml Petrolaether in ein Zentrifugengläschen übergeführt und methyliert.

#### 6. Methylierung der Fettsäuren

Für die Methylierung der einzelnen Fettsäuren werden in einem Erlenmeyerkolben ca. 4 ml 30 %ige KOH mit 50 ml Petrolaether ( SP 30-50<sup>0</sup> C ) überschüttet. Nach Abkühlung im Eisbad gibt man 2-3 gr. Nitrosomethylharnstoff zu. Dabei bildet sich Diazomethan, das von dem Petrolaether aufgenommen wird.

Zu den einzelnen Proben ( ungefähr 2 ml Petrolaetherextrakt ) werden im Eisbad etwa 3 ml Diazomethan gegeben und mit einem Glasstäbchen durchmischt. Um eine quantitative Methylierung zu erhalten, muß die Probe noch von überschüssigem Diazomethan gelblich sein. Die Probe wird dann im Vakuumverdampfer auf etwa 0,5 ml eingeeengt. Sie kann jetzt sofort in den Gaschromatographen eingespritzt werden. Wird sie gelagert, so muß dies bei -18<sup>0</sup> C im Tiefkühlraum geschehen.

## Gaschromatographie

Durch die Entwicklung der Gaschromatographie erst wurde es möglich, die Zusammensetzung der Fette weitgehend zu analysieren. JAMES und MARTIN<sup>15)</sup> zeigten im Jahre 1952 erstmals die außerordentliche Trennfähigkeit flüchtiger Fettsäuren durch den Gaschromatographen auf. Später trennten CROPPER und HEYWOOD<sup>16)</sup> Fettsäuren mit Kettenlängen bis zu 30 C-Atomen. Die Gaschromatographie hat heute bei vielen Analysen und Forschungen ihren festen Platz.

Die Methode der Gaschromatographie ermöglicht in erster Linie eine Trennung von unzersetzt verdampfbaren Substanzen. Daneben stellt die Auftrennung von Gasen nur einen Spezialfall der gaschromatographischen Methoden dar. Sie ist eine physikalische Trennmethode, bei der die zu trennenden Substanzen zwischen zwei Phasen, einer stationären und einer beweglichen Phase verteilt werden. Nach Art der stationären Phase - Festkörper oder Flüssigkeit - ergeben sich bei der Gaschromatographie verschiedene Verfahren:

1. Die Festkörper-Gaschromatographie: Die Trennung beruht auf der verschiedenen Adsorption der Bestandteile eines Stoffgemisches. Es handelt sich hierbei um Vorgänge, die sich an der festen Oberfläche der Phase abspielen.

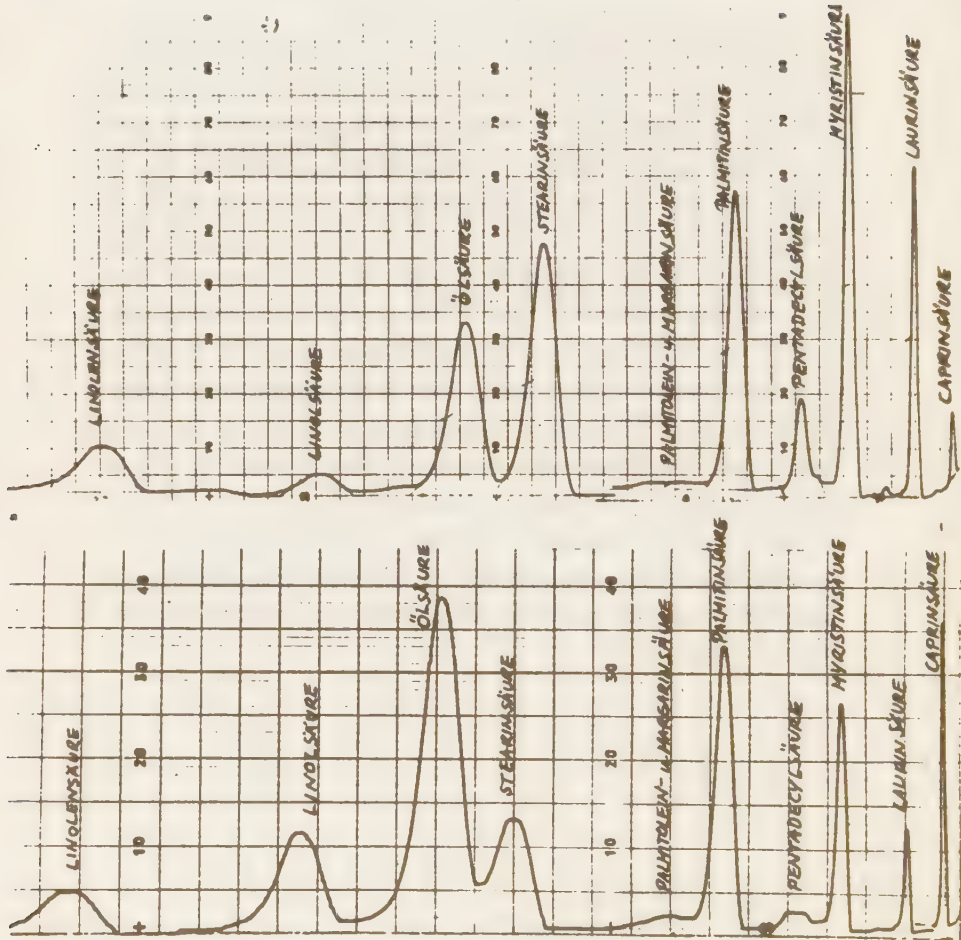
2. Flüssigkeits-Gaschromatographie: Man nennt sie auch Gasverteilungschromatographie, da die Vorgänge, die sich zwischen der flüssigen und der gasförmigen Phase abspielen, dem HENRY'schen bzw. NERNST'schem Verteilungsgesetz gehorchen.

Die zu trennenden Substanzen werden im gasförmigen Zustand der beweglichen Gasphase, welche die stationäre Phase durchströmt, beigemischt. Die Adsorptions- bzw. Lösungsvorgänge finden in Trennsäulen statt, die mit einem festen Adsorbens bzw. einem mit Flüssigkeit imprägnierten Trägermaterial gefüllt sind. Je nach Affinität werden die Substanzen von der stationären Phase mehr oder weniger stark zurückgehalten. Sie treten am Ende der Säule als getrennte Fraktionen aus und werden nun durch Messung von physikalischen Eigenschaften in einem Diagramm, bei automatischer Registrierung mit Schreibern festgehalten.

### Durchführung der gaschromatographischen Trennung der Fettsäuremethylester

Zur Trennung der Fettsäuren wurde der Gaschromatograph GC II der Firma Beckmann verwendet. Der Apparat besitzt einen Flammenionisationsdetektor ( FID ); das Diagramm wird durch einen Direktschreiber aufgezeichnet. Die kupferne Trennsäule, mit einer Länge von 180 cm und einem Querschnitt von 2 mm, ist in Spiralen angeordnet. Ihre Füllung besteht aus 20 % Diäthylenglykolsuccinat auf Chromosorb W. Die Säulentemperatur beträgt 180<sup>0</sup> C; die Temperatur des Einspritzblocks 240<sup>0</sup> C. Trägergas ist Stickstoff. Die zu trennenden Substanzen werden mit einer Hamilton-Mikrospritze in den Einspritzblock injiziert. Das Chromatogramm, das der Gaschromatograph liefert, stellt auf Grund seiner Meßtechnik ein quantitatives Ergebnis dar. Die einzelnen Fettsäuren erscheinen darin als Bande oder peaks; ihr Flächeninhalt beim FID ist der Konzentration direkt proportional. Für die genaue quantitative Berechnung der Fettsäuren werden die Bandenflächen mit dem Planimeter ausgewertet. Der Flächeninhalt eines peaks wird in Beziehung gesetzt zur Summe aller Bandenflächen des Diagramms. Die daraus erhaltenen Flächenprozentanteile entsprechen den Gewichtsanteilen der einzelnen Fettsäuren.

Gaschromatogramme



oben: Fettsäurespektrum der Stuhllipide (Nl f-5)

unten: Fettsäurespektrum der Milchlipide (Nl f-1)

### Berechnung der Milch- bzw. Kofettsäuren

Die bisher ermittelten Werte sind:

1. die gesamte Milchmenge, die für die Dauer des Versuchs gegeben wurde in ml,
2. das Gewicht des gesammelten Stuhls in Gramm,
3. die jeweils eingewogene Milch- bzw. Stuhlmenge,
4. der Wert, der aus dem Verbrauch an 0,1 n KOH bei der Titration von 3 bzw. 5 ml Petrolätherextrakt ermittelt wird.

Zunächst werden die Molprocente der Fettsäuremethylester und deren Summe durch Division des Anteils der einzelnen Fettsäuremethylester durch sein jeweiliges Molekulargewicht bestimmt.

$$\frac{\% \text{ Fs Me a}}{\text{MG}_{\text{Fs Me a}}} = \text{Mol \% a}$$

$$\frac{\% \text{ Fs Me b}}{\text{MG}_{\text{Fs Me b}}} = \text{Mol \% b}$$

$$\frac{\% \text{ Fs Me n}}{\text{MG}_{\text{Fs Me n}}} = \text{Mol \% n}$$

---

$$= \sum \text{Mol \%}$$

Schließlich wird der bei der Titration von 3 bzw. 5 ml des Petroläther-extraktes erhaltene Wert ( mVal ) auf 1 ml bzw. 1 g der Einwaage bezogen.

$$\frac{\text{Titration Wert} \times 50 \times 1,04}{3 \text{ (5) } \times \text{Einwaage}} = A$$

wobei der Faktor mit 1,04 multipliziert werden muß, um die Volumenzunahme ( 1 % ), die durch die alkoholische Salzsäure entsteht, zu berücksichtigen und weil dazu noch etwa 3 % der Fettsäuren in der saueren Alkoholschicht gelöst bleiben. Der erhaltene Wert ist der Summe der Molprozenteproportional. Um schließlich den wahren Gewichtsanteil jeder Fettsäure des Gemisches zu erhalten, dividiert man A durch die Summe der Molprozent und multipliziert diesen Wert jeweils mit den Molprozenten eines Fettsäuremethylesters und dem Molekulargewicht der entsprechenden Fettsäure.

$$\frac{A \times \text{Mol \% n} \times \text{MG}_{\text{Fs n}}}{\sum \text{Mol \%}} = \text{mg}_{\text{Fs n}}$$

Die durch die Nahrung aufgenommene und durch den Stuhl ausgeschiedene Menge einer Fettsäure erhält man durch Multiplikation mit dem dazugehörigen Milch- bzw. Stuhlgewicht. Aus den gewonnenen Werten bestimmt man nun folgendermaßen die einzelnen Resorptionsquoten.

$$\text{Resorption} = \frac{\text{mg}_{\text{Fs aufgenommen}} - \text{mg}_{\text{Fs n ausgeschieden}}}{\text{mg}_{\text{Fs n aufgenommen}}} \times 100$$

Berechnung der Mittelwerte und Streuung:

Die Berechnung der Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) erfolgt nach der Formel  $\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$

$\sum x$  = Summe der Einzelwerte

$n$  = Zahl der Versuche

Die Streuung ergibt sich aus:

$$s^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n^2}$$

## Ergebnisse

In Tabelle 1 ist die Fettsäurezusammensetzung der Lipide in den einzelnen untersuchten Säuglingsnahrungen den entsprechenden Werten für Kuh- und Frauenmilch gegenübergestellt. Vergleiche zeigen, daß der Fettkörper von Pelargon und Alete N-1 im einzelnen dem des Butterfetts entspricht. Alete f-1, ein Kuhmilchkonzentrat, dem u. a. Öle mit einem hohen Gehalt an ungesättigter Linolsäure zugesetzt werden, ähnelt in seiner Fettzusammensetzung weitgehend der Frauenmilch. Pomil, dessen Fettkörper nach Angaben der Hersteller durch Zugabe von wertvollen Keimölen der Muttermilch angepaßt sei, ist weit davon entfernt.

Die Abbildungen 1-4 stellen die prozentuale Zusammensetzung der Fettsäuren im Kot den Verhältnissen in der Milch gegenüber. Alete N-1 und Pelargon zeigen ein ähnliches Verhalten: Die langkettigen ungesättigten Fettsäuren Stearin- und Palmitinsäure reichern sich im Stuhl an, während die besser resorbierbaren kurzkettigen und langkettigen ungesättigten Fettsäuren dort zu einem kleineren Prozentsatz als in der Milch vorhanden sind. Die Abbildung 5 zeigt zum Vergleich die Ergebnisse aus Untersuchungen der Fettsäuren von Milch- und Stuhllipiden bei Frauenmilch<sup>33)</sup>.

Ein Vergleich zwischen Frauenmilch und Alete f-1 zeigt, daß trotz ähnlicher Fettzusammensetzung der Milchlipide im Stuhl doch Unterschiede vorhanden sind. Setzt man den ähnlichen Stearinsäuregehalt in beiden Milcharten willkürlich = 100, so erhält man bei Alete f-1 im Stuhl den Wert von 250 im Vergleich zu 160 bei Frauenmilch, d. h. die Stearinsäure reichert sich bei der künstlichen Milchmischung im Stuhl stärker an. Die Ölsäure

ist im Stuhl von muttermilchernährten Säuglingen zu gleichem Prozentsatz wie in der Milch vorhanden, in Alete f-1 ist bei einem etwas kleinerem Gehalt in der Milch weniger davon im Stuhl vorhanden. Vergleiche mit Pomil zeigen trotz anderer Zusammensetzung ein ähnliches Bild.

Die Gesamtfettsäurenresorption, die der Fettresorption entspricht, und die Resorption der einzelnen Fettsäuren sind in den Tabellen 2 mit 5 angegeben. Unterschiede der Gesamtfettresorption zwischen den einzelnen Säuglingsnahrungen und der Muttermilch sind nicht festzustellen. Der bei einer Mittelwertsbetrachtung zwischen Pelargon und Alete N-1 auffällige Unterschied in der Fettresorption ist statistisch nicht gesichert.

Die Resorption der einzelnen Lipidfettsäuren ist mit den früher gefundenen Werten <sup>32)</sup> identisch; sie liegt bei den kurzkettigen und langkettigen ungesättigten Fettsäuren zwischen 85 und 95 %, während Stearinsäure und Palmitinsäure zu 60 bis 74 % bzw. 71 bis 85 % resorbiert werden.

Die Konzentration der Fettsäuren im Kot ist in Tabelle 6 wiedergegeben; ein signifikanter Unterschied ist nicht festzustellen.

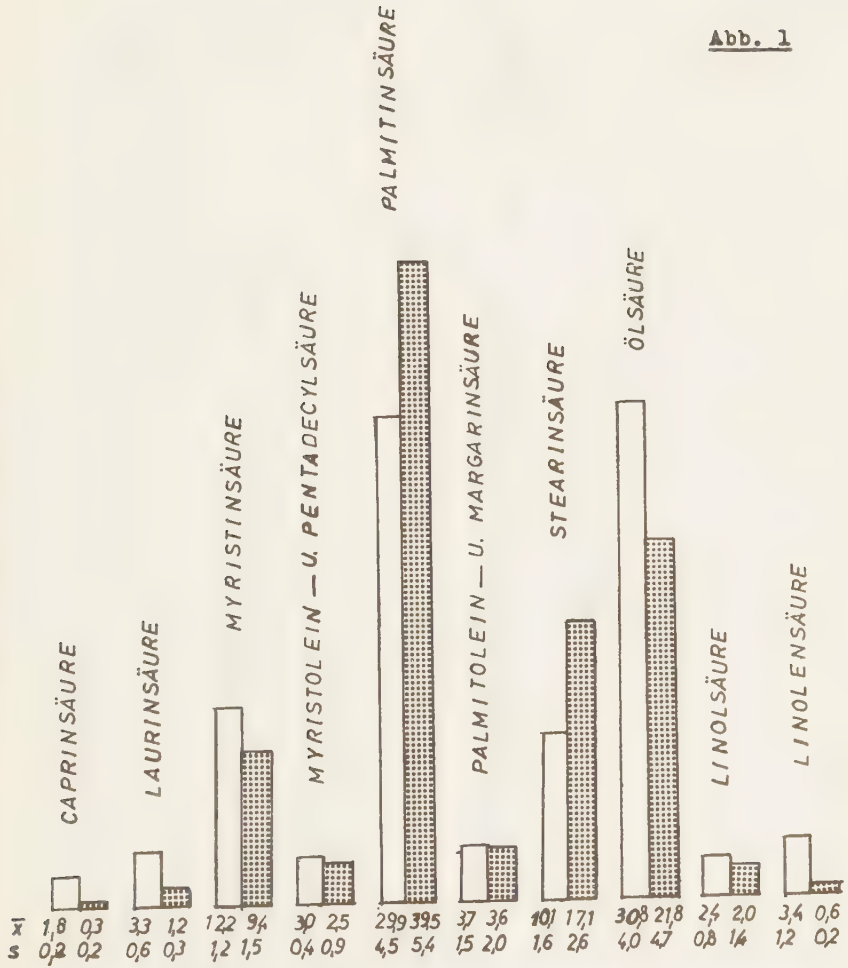
Die Tabelle 7 gibt über Gewichtsverhältnisse während der Versuchsperiode Auskunft.

T A B E L L E    1

|                                 | Kuhmilch | Alete N-1 | Pelargon | Pomil | Alete f-1 | Muttermilch |
|---------------------------------|----------|-----------|----------|-------|-----------|-------------|
| Caprinsäure                     | 3,6      | 1,8       | 2,1      | 0,4   | 2,2       | 0,9         |
| Laurinsäure                     | 5,6      | 3,3       | 3,6      | 1,1   | 3,5       | 5,1         |
| Myristinsäure                   | 10,9     | 12,2      | 12,8     | 2,9   | 11,7      | 8,3         |
| Pentadecylsäure                 | 1,9      | 3,0       | 3,3      | 0,3   | 2,9       | 1,5         |
| Palmitinsäure                   | 33,2     | 29,9      | 27,6     | 31,3  | 28,3      | 25,5        |
| Palmitolein-u.<br>Margarinsäure | 1,2      | 3,6       | 3,1      | 1,1   | 2,4       | 5,4         |
| Stearinsäure                    | 10,8     | 10,1      | 11,7     | 3,6   | 9,9       | 6,3         |
| Ölsäure                         | 23,7     | 30,8      | 31,9     | 30,1  | 27,0      | 38,4        |
| Linolsäure                      | 1,5      | 2,4       | 1,9      | 28,2  | 8,9       | 8,0         |
| Linolensäure                    |          | 3,4       | 2,2      | 1,4   | 3,1       | 1,4         |

Mittlere prozentuale Fettsäurezusammensetzung der  
Lipide aus vier käuflichen Säuglingsnahrungen im  
Vergleich zur Kuh- und Frauenmilch

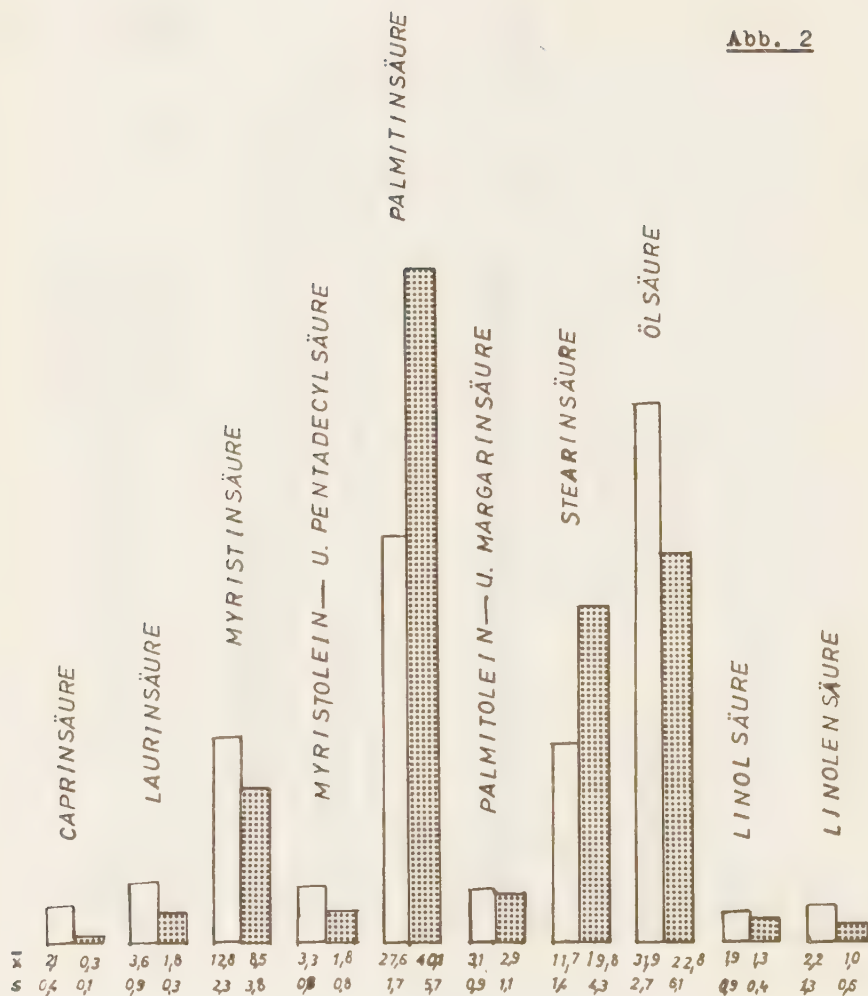
Abb. 1



**ALETE N1** : Prozentuale Zusammensetzung der  
Fettsäuren der Milch - und Stuhllipide.

(punktiert: Stuhl )

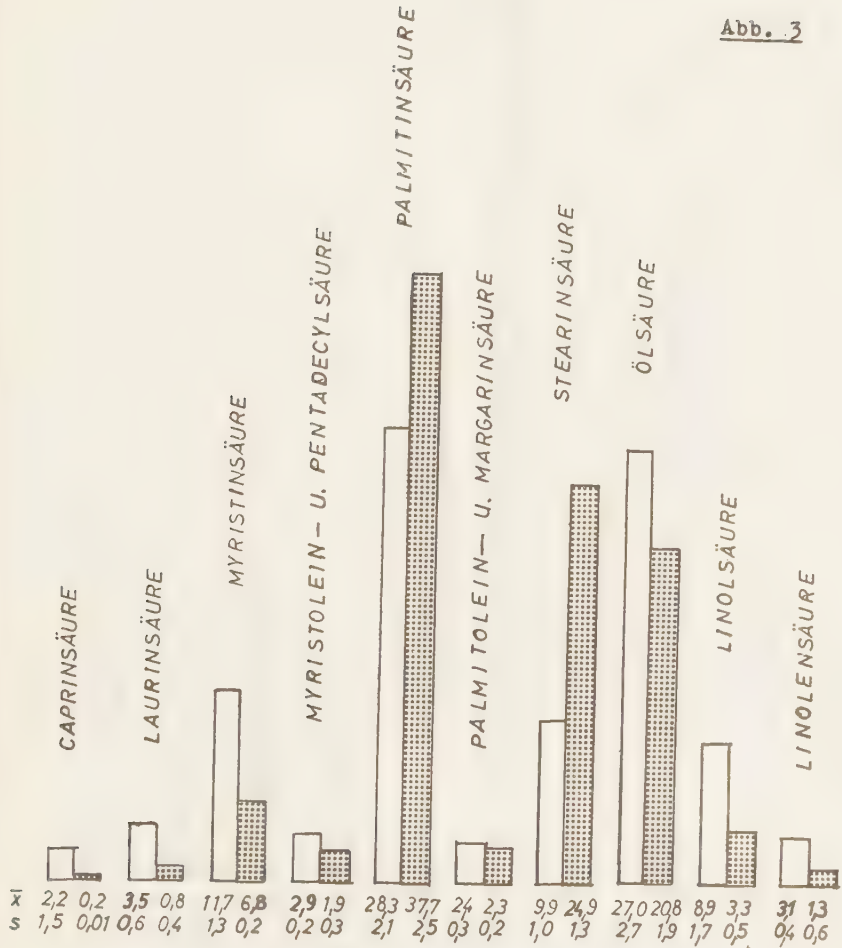
Abb. 2



PELARGON: Prozentuale Zusammensetzung der Fettsäuren der Milch- und Stuhl lipide.

(punktiert: Stuhl)

Abb. 3



ALETE F1: Prozentuale Zusammensetzung der Fett - säuren der Milch - und Stuhllipide.

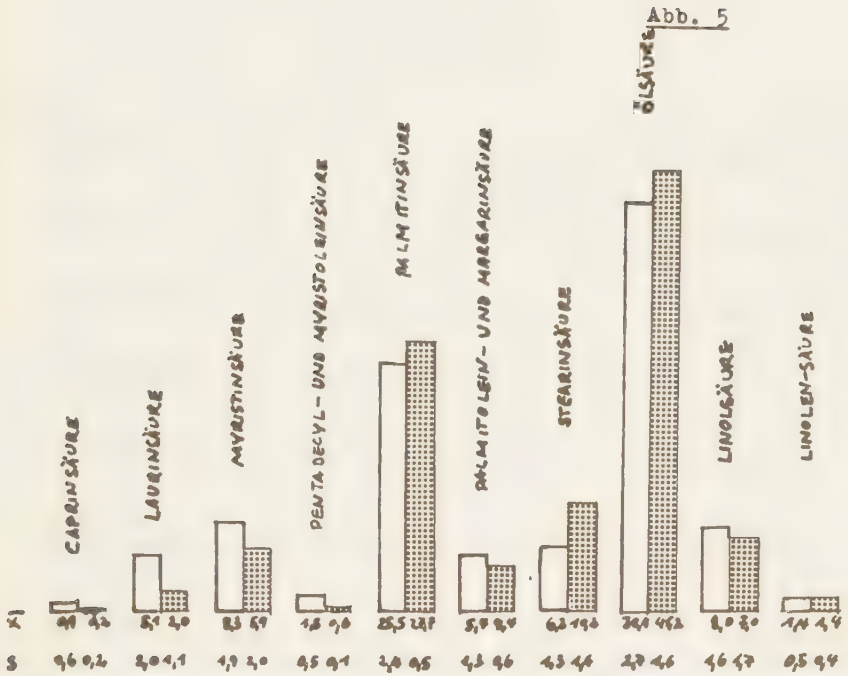
( punktiert : Stuhl )

Abb. 4



POMIL : Prozentuale Zusammensetzung der Fett -  
säuren der Milch - und Stuhl lipide.

(punktiert: Stuhl)



## FRAUENMILCH: Prozentuale Zusammensetzung der Fettsäuren der Milch- und Stuhllipide

(punktiert: Stuhl)

T A B E L L E      2

|                                 | $\bar{x}$ |      |      |      |      |      |      |           |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| Caprinsäure                     | 97,5      | 98,6 | 99,6 | 98,9 | 99,3 | 98,2 |      | 96,6 98,4 |
| Laurinsäure                     | 95,6      | 97,4 | 97,9 | 93,9 | 95,7 | 94,0 | 93,9 | 92,3 95,1 |
| Myristinsäure                   | 88,3      | 96,1 | 95,4 | 85,2 | 92,6 | 87,6 | 88,9 | 83,2 89,7 |
| Pentadecylsäure                 | 82,0      | 93,9 | 93,3 | 85,0 | 93,4 | 90,6 | 90,6 | 85,2 89,2 |
| Palmitinsäure                   | 79,2      | 95,2 | 89,2 | 76,2 | 83,8 | 72,7 | 79,3 | 82,0 82,2 |
| Palmitolein-u.<br>Margarinsäure | 76,5      | 97,4 | 95,4 | 75,8 | 94,0 | 80,8 | 81,0 | 77,1 84,7 |
| Stearinsäure                    | 69,8      | 92,8 | 81,9 | 59,5 | 83,5 | 71,3 | 56,6 | 74,9 73,8 |
| Ölsäure                         | 84,3      | 96,2 | 95,3 | 83,5 | 93,6 | 91,1 | 84,5 | 84,5 89,1 |
| Linolsäure                      | 87,1      | 94,6 | 95,8 | 89,9 | 95,3 | 91,0 | 76,6 | 85,2 89,4 |
| Linolensäure                    |           |      | 99,3 | 98,0 | 98,8 | 98,5 |      | 85,0 95,9 |
| <hr/>                           |           |      |      |      |      |      |      |           |
| Gesamtresorption                | 86,0      | 95,7 | 92,6 | 80,9 | 89,9 | 83,9 | 81,1 | 82,4 86,6 |

A L E T E N-1 : Resorption der einzelnen Fettsäuren  
 ( in Prozent der aufgenommenen Fettsäuren )  
 und Gesamtfettsäurenresorption.

T A B E L L E    3

|                                 | $\bar{x}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Caprinsäure                     | 99,3      | 98,5 | 98,1 | 96,9 | 98,0 | 96,3 | 97,9 | 91,9 | 97,1 |  |
| Laurinsäure                     | 97,6      | 92,1 | 90,0 | 87,1 | 93,1 | 79,7 | 89,7 | 80,9 | 88,8 |  |
| Myristinsäure                   | 95,2      | 98,9 | 86,3 | 76,0 | 84,2 | 78,8 | 84,2 | 73,3 | 84,6 |  |
| Pentadecylsäure                 | 98,2      | 90,5 | 90,8 | 72,7 | 90,1 | 95,3 | 86,4 | 73,9 | 87,2 |  |
| Palmitinsäure                   | 84,4      | 81,6 | 72,6 | 70,0 | 65,7 | 62,6 | 66,5 | 61,5 | 70,6 |  |
| Palmitolein-u.<br>Margarinsäure | 87,2      | 83,8 | 80,0 | 86,4 | 85,5 | 78,3 | 77,6 | 75,2 | 81,7 |  |
| Stearinsäure                    | 75,8      | 81,1 | 74,1 | 64,6 | 59,4 | 64,4 | 51,7 | 56,8 | 66,0 |  |
| Ölsäure                         | 95,0      | 92,0 | 89,1 | 76,3 | 83,4 | 81,7 | 83,9 | 77,2 | 84,8 |  |
| Linolsäure                      | 92,9      | 84,3 | 95,4 | 92,0 | 81,3 | 80,9 | 70,7 | 78,3 | 84,5 |  |
| Linolensäure                    |           |      | 91,0 | 88,7 | 90,0 | 96,6 | 91,2 | 85,3 | 90,5 |  |

---

|                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Gesamtresorption | 90,0 | 88,4 | 82,6 | 74,7 | 77,2 | 75,2 | 76,0 | 70,4 | 79,3 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

P E L A R G O N : Resorption der einzelnen Fettsäuren  
( in Prozent der aufgenommenen Fettsäuren )  
und Gesamtfettsäurenresorption.



T A B E L L E 5

$\bar{X}$

|                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Caprinsäure                     | 98,1 | 82,9 | 96,2 | 98,7 | 96,7 | 98,5 | 98,5 | 95,7 |
| Laurinsäure                     | 93,8 | 97,0 | 90,0 | 89,4 | 94,4 | 90,7 | 96,1 | 92,9 |
| Myristinsäure                   | 85,0 | 90,3 | 78,5 | 85,3 | 89,0 | 81,2 | 89,8 | 83,0 |
| Pentadecylsäure                 | 43,5 |      | 80,3 | 93,4 | 65,5 | 88,9 | 79,7 | 90,0 |
| Palmitinsäure                   | 78,9 | 73,9 | 62,1 | 71,6 | 80,5 | 69,6 | 80,6 | 73,5 |
| Palmitolein-u.<br>Margarinsäure | 76,7 | 60,8 | 82,3 | 80,3 | 93,3 | 74,6 | 81,0 | 66,0 |
| Stearinsäure                    | 45,8 | 56,1 | 63,5 | 49,2 | 73,0 | 57,1 | 72,6 | 60,3 |
| Ölsäure                         | 94,8 | 90,1 | 90,9 | 89,1 | 88,7 | 88,3 | 95,6 | 88,2 |
| Linolsäure                      | 96,8 | 95,1 | 95,7 | 94,7 | 97,8 | 96,4 | 98,9 | 94,3 |
| Linolensäure                    |      | 92,1 | 86,6 |      |      | 92,4 | 71,3 | 88,6 |
| <hr/>                           |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Gesamtresorption                | 87,5 | 84,6 | 82,8 | 84,0 | 87,9 | 82,3 | 90,9 | 83,9 |

P O M I L :

Resorption der einzelnen Fettsäuren

( in Prozent der aufgenommenen Fettsäuren )

und Gesamtfettsäurenresorption.

T A B E L L E 6

|           | Alete N-1 | Pelargon | Alete f-1 | Pomil |
|-----------|-----------|----------|-----------|-------|
|           | 12,1      | 11,0     | 9,0       | 10,5  |
|           | 7,9       | 8,7      | 10,6      | 10,4  |
|           | 8,6       | 11,6     | 9,3       | 11,8  |
|           | 6,3       | 9,8      | 7,9       | 21,6  |
|           | 12,9      | 8,9      | 8,2       | 15,6  |
|           | 5,0       | 9,5      |           | 10,1  |
|           | 8,1       | 10,7     |           | 9,5   |
|           | 8,0       | 15,0     |           | 14,7  |
|           | <hr/>     | <hr/>    | <hr/>     | <hr/> |
| $\bar{X}$ | 8,6       | 10,7     | 9,0       | 13,0  |
| s         | 3         | 2,2      | 1,5       | 4,6   |

Konzentration der Fettsäuren im Stuhl ( in mg/<sub>g</sub> Stuhl )

T A B E L L E    7

|           |        | Beginn | Ende | Gewichtsveränderung<br>( g ) | Versuchsdauer<br>( Tage ) |
|-----------|--------|--------|------|------------------------------|---------------------------|
| Alete N-1 | N 1-1  | 2720   | 2730 | 10                           | 6                         |
|           | N 1-2  | 3420   | 3300 | -120                         | 5                         |
|           | N 1-3  | 2710   | 2820 | 110                          | 6                         |
|           | N 1-4  | 3230   | 3250 | 20                           | 3                         |
|           | N 1-5  | 3230   | 3260 | 30                           | 4                         |
|           | N 1-6  | 3840   | 3760 | -80                          | 4                         |
|           | N 1-7  | 3880   | 3950 | 70                           | 6                         |
|           | N 1-8  | 3260   | 3300 | 40                           | 5                         |
| Pelargon  | P 1-1  | 3610   | 3650 | 40                           | 7                         |
|           | P 1-2  | 3570   | 3600 | 30                           | 4                         |
|           | P 1-3  | 3000   | 3100 | 100                          | 5                         |
|           | P 1-4  | 3600   | 3610 | 10                           | 4                         |
|           | P 1-5  | 3250   | 3250 | 0                            | 6                         |
|           | P 1-6  | 2490   | 2450 | -40                          | 4                         |
|           | P 1-7  | 3260   | 3300 | 40                           | 6                         |
|           | P 1-8  | 3540   | 3570 | 30                           | 6                         |
| Alete f-1 | N1 f-1 | 3510   | 3620 | 110                          | 4                         |
|           | N1 f-2 | 2850   | 2960 | 110                          | 6                         |
|           | N1 f-3 | 2570   | 2650 | 80                           | 6                         |
|           | N1 f-4 | 4050   | 4240 | 190                          | 5                         |
|           | N1 f-5 | 3010   | 3060 | 50                           | 6                         |
| Pomil     | Pm 1-1 | 3450   | 3400 | -50                          | 6                         |
|           | Pm 1-2 | 3420   | 3490 | 70                           | 6                         |
|           | Pm 1-3 | 3300   | 3380 | 80                           | 5                         |
|           | Pm 1-4 | 3430   | 3390 | -40                          | 6                         |
|           | Pm 1-5 | 2640   | 2650 | 10                           | 5                         |
|           | Pm 1-6 | 2930   | 2980 | 50                           | 4                         |
|           | Pm 1-7 | 2860   | 2870 | 10                           | 4                         |
|           | Pm 1-8 | 3600   | 3570 | -30                          | 6                         |

Gewichtsverhältnisse während der Versuchsperiode

## Diskussion

Die Tatsache, daß zu diesen Resorptionsstudien verschiedene künstliche Säuglingsnahrungen benutzt wurden und unter gleichen Bedingungen und mit gleichen Methoden getestet wurde, verleitet dazu, aus Vergleichen zwischen den einzelnen Resorptionsquoten Schlüsse auf die Eignung und die Güte der untersuchten Nahrungen zu ziehen. Da aber das ganze Stoffwechselgeschehen des Säuglings und damit auch der Fettstoffwechsel sehr labil und vielfachen Schwankungen unterworfen sind, ist dabei auch auf andere mögliche Faktoren hinzuweisen, die solche Bilanzverschiebungen verursachen können.

Bei den beiden Säuremilchen Alete N-1 und Pelargon ist trotz erheblicher Differenz der beiden Mittelwerte ( 86,6 bzw. 79,3 % ) kein signifikanter Unterschied in der Resorption der Fettsäuren der Lipide vorhanden. Der Fettkörper beider Milchkombinationen entspricht sowohl qualitativ als auch quantitativ dem einer 2/3 Kuhmilch. Die Ergebnisse bestätigen die von anderen Autoren gefundenen Werte<sup>17,18)</sup> weitgehend, die auch eine Ausnutzung des Kuhmilchfettes von 80 - 90 % beschrieben. Bei beiden Säuglingsmilchen sind im Fett-, Eiweiß- und Kohlehydrategehalt kaum Unterschiede festzustellen, jedoch bestehen solche sowohl in der Qualität als auch im Grad der Säuerung. In jeweils 100 cm<sup>3</sup> trinkfertiger Nahrung befinden sich in Pelargon 0,3 g Säure ( Milchsäure ), in Alete N-1 dagegen nur 0,16 g ( Milch- und Zitronensäure ). Die Frage der Ansäuerung ist heute noch ein viel diskutiertes Problem der Pädiatrie. Die Säuerung von Milch erfolgt aufgrund früherer günstiger Erfahrungen, die man bei der Aufzucht von ernährungsgestörten Säuglingen mit Buttermilch gemacht hatte. Der Säurereiz führt zu einer Produktionssteigerung der Gallensäuren und der Pankreasfermentbildung. Dadurch sollten die Verdaulichkeit des Kuhmilcheiweißes

und Kuhmilchfettes verbessert und außerdem eventuelle pathogene Keime im Säuglingsdarm abgetötet werden. Diese Annahmen wurden jedoch durch Experimente nicht ausreichend bestätigt. Dagegen wurde aufgrund von Untersuchungen anderer Autoren mit ungesäuerten und gesäuerten Milchmischungen dargetan, daß Säuglinge während der Milchsäureperiode grössere Mengen von Fett im Stuhl ausschieden. DROESE und STOLLEY<sup>19)</sup> stellten fest, daß der Zusatz von Milchsäuren regelmäßig zu einem Anstieg der organischen Säuren und der Wasserstoffionenkonzentration im Harn, zu einer Erniedrigung des Standard-Bikarbonats und einer Erhöhung von Chlor und Rest-N im Blut führt. Aus diesen Beobachtungen schlossen sie, daß sich Milchsäure in den Milchmischungen verdauungsphysiologisch ungünstig auswirken müsse und im Stoffwechsel des jungen Säuglings offenbar nicht ohne weiteres abgebaut und umgesetzt werden könne. Auch der Ersatz von Milchsäure durch Zitronensäure brachte offensichtlich keinerlei Vorteile gegenüber den entsprechenden, nicht gesäuerten Milchmischungen, sondern eher eine Verschlechterung der Fett- und besonders der Basenausnützung. E. MÜLLER<sup>20)</sup> beobachtete, daß Frühgeborene, Neugeborene und junge Säuglinge bei Ernährung mit citretten-konservierter Frauenmilch häufiger spuckten und dünnen Stuhl bekamen, was wir nicht bestätigen konnten.

Bei der quantitativen Analyse der einzelnen Fettsäuren der Faeces-lipide fiel auf, daß vor allem alle gesättigten Fettsäuren im Stuhl der Säuglinge vermehrt ausgeschieden werden. H. A. WEIJERS<sup>21)</sup> wies einen höheren Gehalt von gesättigten Fettsäuren im Stuhl bei längeren Gaben von Nicotinsäureamiden nach. Ob bereits aber die Dosierung von 5 mg Niacin in 100 ml Nahrung, wie es z. B. im Pelargon vorliegt, zu solchen Erscheinungen führt und somit die Resorption beeinflussen würde, kann nicht objektiv beurteilt werden, da hierzu keine Kontrolluntersuchungen vorliegen. Mehr Bedeutung darf man aber der Tatsache zumessen, daß der Mineralgehalt von Pelargon

mit 0,65 g / 100 ml gegenüber dem von Alete N-1 mit 0,4 g / 100 ml sehr hoch liegt, besonders wenn man ihn mit dem in der Frauenmilch ( 0,21 g / 100 ml ) vergleicht. Wenn es auch schwierig ist, den Einfluß der einzelnen Faktoren zu differenzieren, so kann man doch mit Sicherheit behaupten, daß all diese Gegebenheiten zusammen die Resorption der Nahrungslipide beeinflussen.

Bei der nächsten Säuglingsnahrung Pomil fiel vor allem die Eigenart des Fettkörpers auf, der qualitativ keineswegs dem der Frauenmilch entspricht. Es werden dem Butterfett wohl pflanzliche Öle mit einem hohen Gehalt an Linolsäure zugesetzt, was sich deutlich im Fettsäurespektrum aufzeigt. Im Stuhl der mit Pomil gefütterten Säuglinge ist ebenfalls ein hoher Gehalt an Palmitin- und Stearinsäure festzustellen, während alle übrigen Fettsäuren im Vergleich zum normalen Kuhmilchstuhl nur eine geringe Konzentration aufweisen. Die Gesamtresorption von 85,5 % ist gut, sie liegt aber innerhalb der für normales Kuhmilchfett gefundenen Werte. Pomil ist eine fettangereicherte Säuglingsnahrung, ihr Fettgehalt beträgt 3,3 %. Hier taucht nun auch das Problem der Adaptation an das Frauenmilchfett auf. Bestrebungen, den Fettkörper der Kuhmilch dem der Muttermilch anzupassen, sind nicht neu. Sie gehen auf die Untersuchungen von GERSTENBERGER et al.<sup>22)</sup> zurück, die bereits 1915 publiziert wurden. JOCHIMS<sup>23)</sup> empfahl, den Milchverdünnungen 2 % eines hochwertigen Pflanzenöles zuzusetzen. Auch mit teilweisem Ersatz des Kuhmilchfettes durch Gemische pflanzlicher Öle wurden wesentliche Verbesserungen erreicht:

1. eine höhere Fettzufuhr
2. eine größere Zufuhr an hochwertigen Fettsäuren, speziell an Linolsäure
3. eine bessere Fettresorption

Bekanntlich bestehen große Unterschiede zwischen dem Fett der Frauenmilch und dem der natürlichen Kuhmilch. Butterfett hat mehr niedrige flüchtige gesättigte Fettsäuren, während in der Frauenmilch deutlich die Mengen an ungesättigten höheren Fettsäuren, besonders an Linolsäure überwiegen. Die Bedeutung der ungesättigten Fettsäuren für den Menschen wurde bis heute noch nicht endgültig geklärt. Im Jahre 1929 postulierten BURR und BURR<sup>24)</sup> die Sonderstellung einiger ungesättigter Fettsäuren der Nahrung. Es zeigte sich daß fettfrei ernährte Ratten verschiedene Symptome entwickelten, welche durch Zugabe von Linolsäure und gewissen anderen ungesättigten Fettsäuren, nicht aber von gesättigten Fettsäuren oder Ölsäure verhütet werden konnten. Die Mangelercheinungen bei Tieren umfassen: Wachstumshemmung, Hautschäden, degenerative Veränderungen verschiedener Organe. Die Fettsäuren, welche Schutzwirkungen aufwiesen, wurden als essentiell bezeichnet; sie können im Körper gar nicht oder nur in ungenügendem Umfang synthetisiert werden. K. BERNHARD und R. SCHOENHEIMER<sup>25)</sup> haben im Jahre 1940 die fehlende bzw. sehr geringe Synthese von Linol- und Linolensäure im Tierkörper durch Isotopenversuche bestätigt.

Nach den umfangreichen Studien der Forschungsgruppe HANSEN et al.<sup>26)</sup> stellen die hochungesättigten Fettsäuren, besonders die Linolsäure auch für den Säugling essentielle Wirkstoffe dar. Die Autoren folgern aus ihren Prüfungen, daß mindestens 1 % der Nahrungskalorien als Linolsäure gegeben werden soll, um die charakteristischen Mangelercheinungen (Hautschäden, Stoffwechseleränderungen, Verschiebung der Serumlipidfraktionen) zu verhindern. Als optimal beschrieben sie eine Zufuhr von 4 % Linolsäurekalorien, wie sie ungefähr in der Frauenmilch gegeben ist. Experimentell hat sich der Hauteffekt der Linolsäure<sup>27)</sup> als wirkungsvoller erwiesen als der der Linolensäure und Arachnidonsäure. Daneben fördern ungesättigte Fettsäuren auch Phosphorylierungsprozesse des Körpers<sup>28)</sup> und vermögen sogar gewisse Toxine zu neutralisieren.<sup>29)</sup>

Eng mit der Frage der Fettsäure-Komposition ist der Blutfettspiegel verknüpft. Ein totaler Ersatz des Butterfettes durch pflanzliche Öle mit hohem Linolsäuregehalt brachte zwar eine bessere Fettresorption, jedoch ergaben die Untersuchungen von FOMON und BARTELS,<sup>30)</sup> LINDQUIST und MALMCRONA, SWEENEY et al.,<sup>31)</sup> daß dabei erhebliche Senkungen der Blutlipidfraktionen im Nüchternserum auftraten, während die Lipidwerte - von niedrigen Werten bei der Geburt - im weiteren Verlauf mit Muttermilch, wie auch mit butterfetthaltiger Kuhmilchernährung - anstiegen. Auch schon der Ersatz eines größeren Teiles des Butterfettes durch Pflanzenfett bzw. durch Zusatz von Pflanzenölen zu einer 1/2 oder 2/3 Milch ergaben eine deutliche Senkung der Blutlipide. Ob diese auftretenden Veränderungen für den Säugling irgendwelche Wirkungen verursachen, kann man heute noch nicht beurteilen, doch dürfte es zumindest bemerkenswert sein, daß diese Befunde deutlich vom "Modell Muttermilch" abweichen.

Vergleicht man das Fettsäurespektrum von Pflanzenfett, das meist zum Fettaustausch herangezogen wird, und Kuhmilchfett mit dem der Frauenmilch so ergeben sich größere Unterschiede zwischen Pflanzenfett und Frauenmilch. Butterfett kann durch kleine Mengen eines an Polyensäuren reichen Pflanzenöles, das den mangelnden Gehalt an hochungesättigten Fettsäuren ausgleicht, der Frauenmilch leicht angeglichen werden, wodurch dann noch Triglyceride zugemischt werden, die in  $\alpha, \alpha'$  und  $\beta$  Position des Glycerins ungesättigte Fettsäuren enthalten. Solche Triglyceride sind im tierischen Fett nur in Spuren vorhanden. Zum Beispiel konnte beim Butterfett von BOUDREAU und DEMAN<sup>32)</sup> festgestellt werden, daß Caprin-, Laurin-, Myristin- und Palmitinsäure bevorzugt an der mittleren Hydroxylgruppe und Stearin- und Ölsäure an den endständigen Hydroxylgruppen verestert sind. In der frauenmilchadaptierten Säuglingsnahrung Alete f N 1 wurde u. a. zum Butterfett Sojaöl zugegeben. Am auffälligsten in dieser neuen Nahrung ist nun der Gehalt an Linolsäure, der mit 8,9 % im Fettsäurespektrum etwa dem der Frauenmilch entspricht, so daß die optimale Zufuhr von Linolsäurekalorien mit etwa 4 % der Gesamtkalorien gesichert ist. Der Fettkörper, 3,3 g/100ml

trinkfertiger Nahrung, besteht zu 82 % aus Butterfett und zu 18 % aus Pflanzenöl, das vorwiegend ungesättigte Fettsäuren enthält. Die Gesamtresorption dieses Fettkörpers betrug im Mittel 88,6 % und entspricht damit allen hier untersuchten Säuglingsnahrungen und der Muttermilch.

Ein Vergleich der Gesamtfettsäureresorption aller geprüften Nahrungen zeigt, daß für die Säuglingsnahrungen Pomil, Alete N 1, Alete f-1 und Pelargon keine signifikanten Unterschiede nachzuweisen sind. Die Fettresorption liegt allgemein zwischen 80 und 90 %. Die gefundenen Werte zeigen auch keinen Unterschied zu Frauenmilch:<sup>33)</sup> Bei Untersuchungen, die mit frauenmilchernährten Säuglingen unter den gleichen Bedingungen gemacht wurden, ergab sich eine durchschnittliche Fettresorption von 85 %. Damit werden auch die Ergebnisse von GUILBERT et al.<sup>34)</sup> bestätigt, die bei Vergleichen zwischen der Fettresorption bei mit Frauenmilch bzw. Kuhmilchmischungen ernährten Säuglingen gleichfalls keine Unterschiede fanden. Daraus kann man schließen, daß aus der Gesamtresorption keine Aussage über die Güte einer Säuglingsnahrung gemacht werden kann. Die Resorptionswerte bei Alete N-1 und Perlargon stimmen mit Ergebnissen von HUBER und SCHEIBL<sup>35)</sup> überein, die bei einer Fettresorption von 79 - 97 % für beide Produkte keine Unterschiede fanden. LÖHR und WOLF<sup>36)</sup> verglichen die Fettresorption einer Milchmischung, die Butterfett enthielt (Humana A), mit einer fettausgetauschten Milch (Humana B) und konnten dabei keine Unterschiede in der Gesamtresorption feststellen, was auch aus unseren Ergebnissen abzuleiten ist. Die Fettzusammensetzung von Humana B entspricht mit 31 % Stearin- und Palmitinsäure, 28 % einfachungesättigten Fettsäuren (hauptsächlich Ölsäure) und 24,5 % mehrfachungesättigten Fettsäuren etwa dem hier untersuchten Pomil. Die Fettresorptionsquote für beide Nahrungen ist etwa die gleiche. Bei einer Fettsäureresorption von 89 % für Alete f- 1 sind die Ergebnisse auch mit SCHEPPE et al.<sup>37)</sup> übereinstimmend, die hierfür 87,5 % fanden. Diese Ergebnisse stehen jedoch in einem gewissen Gegensatz zu Untersuchungen verschiedener Autoren, wie z. B. DROESE und STOLLEY<sup>38)</sup> und GORDON und McNAMARA,<sup>39)</sup>

die einen deutlichen Unterschied in der Gesamtfettresorption zwischen reinen Kuhmilchmischungen und fettausgetauschten oder fettadaptierten Säuglingsnahrungen gefunden haben. Diese abweichenden Befunde können aber durch verschiedene Gründe bedingt sein. Einmal durch die unterschiedliche Methode der Berechnung der Fettresorption, und die verschiedene Dauer der Versuchsperiode, vor allem aber durch das unterschiedliche Probandenmaterial. Unsere Ergebnisse beziehen sich auf Neugeborene zwischen dem 3. und 10. Lebenstag. Die in der Literatur angegebenen Daten wurden jedoch meist bei Frühgeborenen und auch bei älteren Säuglingen gewonnen. Betrachtet man jedoch die von DROESE und STOLLEY angegebenen Werte für Milchnahrungen mit und ohne Ölzusatz, so zeigt sich auch hier, daß bei gesunden Säuglingen um den 5. Lebenstag keine signifikanten Unterschiede vorhanden sind.

Die Resorption der einzelnen Fettsäuren zeigt das aus den Versuchen mit Frauenmilch bekannte Bild: Caprin- und Laurinsäure werden zu über 90 % resorbiert, ebenso die ungesättigten Säuren Linolsäure, Linolen- und Ölsäure. Die gesättigten Fettsäuren zeigen mit zunehmender Kettenlänge einen Resorptionsabfall von 90 auf 65 %, was wohl auf die Erhöhung des Schmelzpunktes von 54 auf 69°C zurückzuführen ist. Nebenbei spielt auch die Löslichkeit der Calciumsalze dieser Verbindungen hier eine Rolle. Zu ähnlichen Ergebnissen bei Fettresorptionsuntersuchungen gelangten bereits 1935 HOLT et al.<sup>40)</sup> bei Verfütterung von reinen Triglyceriden.

Vergleicht man das Fettsäurespektrum der einzelnen Milchen mit dem des Kotes, so ergibt sich folgendes Bild: Die Fettsäuren mit hoher Resorptionsrate - kurzkettige und ungesättigte langkettige - vermindern sich, während die schlechter resorbierbaren - Palmitin- und Stearinsäure - sich im Kot anreichern. Am deutlichsten ist dies bei Pomil zu erkennen. Vergleicht man in dieser Hinsicht Alele f- 1 und Frauenmilch, die im Fettsäuremuster ungefähr gleich sind, so findet man interessante Unterschiede: Bei den mit Muttermilch ernährten Kin-

dem entspricht das Fettsäurespektrum des Stuhls dem der Milch, bei Alete f- 1 haben wird die für künstliche Säuglingsnahrungen typische Anreicherung von Palmitin- und vor allem Stearinsäure und die relative Abnahme der gut resorbierbaren ungesättigten Fettsäuren, vor allem der Ölsäure.

Dies kann verschiedene Ursachen haben. Die Darmflora des Brustkindes ist eine reine Bifidusflora, während die Darmflora des mit Kuhmilchpräparaten ernährten Säuglings vorwiegend Colibakterien enthält. Nach Studien von MARGET und DEBATIN<sup>41)</sup> sollen verschiedene Darmbakterien, besonders Colibakterien, durch eigene Synthese zum Fettgehalt der Faeces beitragen. Auch wird vielfach eine bakterielle Hydrierung von ungesättigten Fettsäuren während ihrer Passage durch den Darm diskutiert. Nach Versuchen von BLOMSTRAND und LINDQUIST<sup>42)</sup> mit markierten Fettsäuren sollen jedoch die in der Faeces vorkommenden Fettsäuren praktisch unveränderte, durch die Nahrung aufgenommene Fettsäuren sein.

Das Problem des Mechanismus der Fettresorption und der Passage des Fetts durch die Darmschleimhaut in den Chylus wurde von verschiedenen Autoren immer wieder diskutiert, ist aber bis heute noch nicht endgültig geklärt worden. Am Anfang stehen die klassischen Versuche von MUNK,<sup>43)</sup> der aus Untersuchungen von Darmschleimhaut u. des Chylus beim Hund schloß, daß sowohl Neutralfett als auch Fettsäuren resorbiert werden. Die partielle Hydrolyse der Neutralfette wird heute wohl allgemein angenommen. In Gegenwart von Pankreassaft und Galle führt sie zu einem Gemisch von Mono- und Diglyceriden und Fettsäuren, wobei die Lipase jeweils zuerst die äußeren Fettsäuren der Triglyceride angreift. Doch wurde das Ausmaß der Lipolyse sehr verschieden betrachtet. Manche Autoren, wie z. B. FRAZER,<sup>44)</sup> maßen ihr nur geringe Bedeutung bei, während VERZAR<sup>45)</sup> wiederum der Meinung war, daß die Fette im Dünndarm vollständig hydrolysiert würden. Die Aufnahme der Fettsäuren in die Schleimhaut soll nach WIELAND u. SORGE<sup>46)</sup> durch Bildung wasserlöslicher Komplexe aus Fettsäuren und Gallensäuren erleichtert werden. Nach VERZAR findet in der

Schleimhaut eine intermediäre Phosphatidsynthese statt, durch die ein ständiges Konzentrationsgefälle für die Fettsäuren vom Darmlumen in die Schleimhautzelle aufrechterhalten wird. Die Resynthese der Triglyceride in der Darmschleimhaut ist offensichtlich nicht eine bloße Umkehrung der Lipolyse, sondern verläuft wahrscheinlich unter Mitwirkung von noch ungenügend bekannten gekoppelten Reaktionen. Sicher spielen dabei Phosphorylierungsprozesse eine Rolle, doch ist die Synthese der Phospholipide nicht unentbehrlich für die Resynthese der Triglyceride.

Auch die Art, wie das nicht hydrolysierte Fett die Schleimhaut passiert, war schon immer Gegenstand verschiedener Theorien. FRAZER glaubte an eine feintropfige Aufnahme in den Chylus. Nach MACHEBOEUF<sup>47)</sup> u. FAVARGER<sup>48)</sup> sollte es in Form von Molekülen oder molekularen Komplexen die Dünndarmwand passieren. Neuere elektronenmikroskopische Untersuchungen von KARLIN u. PALAY<sup>49)</sup> im Jahre 1959 haben jedoch weitgehend Aufklärung über die Aufnahme von Neutralfett und dessen Durchtritt durch die Darmepithelien gebracht. Darin konnte gezeigt werden, daß die feinen Fettröpfchen im Cuticularsaum der Epithelzellen zwischen die Stäbchen, die sog. Mikrovilli, geraten und aus der Tiefe der von ihnen begrenzten Buchten durch Pinozytose in die Zellen gelangen. Die Bläschen, welche die Fettröpfchen umgeben, erreichen über das endoplasmatische Retikulum die Interzellularräume des Epithels, in denen die Fettröpfchen vermutlich durch Umkehr der Pinozytose freigesetzt werden. Darnach durchdringen sie die Basalmembran, ein Vorgang, der bis heute noch im Dunkeln liegt, und stehen schließlich je nach Kettenlänge durch die Lymphe größtenteils, aber auch durch das Pfortadersystem dem Körper zur Verfügung.

## Zusammenfassung

Mit Hilfe der gaschromatographischen Analyse der Fettsäuren wurden Fettbilanzuntersuchungen bei gesunden Neugeborenen (zwischen dem 3. und 7. - 10. Lebenstag) angestellt, die mit vier verschiedenen Säuglingsnahrungen gegüttert wurden. Bei Alete N 1, Pelargon und Pomil wurden in je 8, bei Alete N 1 in 5 Versuchen jeweils die Fettsäuren der Milchlipide und des gewonnenen Stuhls bestimmt und daraus die Gesamtresorption berechnet. Die Fettresorption liegt zwischen 80 und 90 %; zwischen den getesteten vier Säuglingsmilchen besteht in der Resorption des Fettkörpers kein signifikanter Unterschied. Die erhaltenen Ergebnisse stimmen im allgemeinen mit denen früherer Autoren überein.

Bei der Betrachtung der Resorptionsquoten der einzelnen Fettsäuren kann allgemein festgestellt werden: Gute Resorption der kurzkettigen gesättigten Fettsäuren bis zur Myristinsäure und der langkettigen ungesättigten Fettsäuren, wie Öl-, Linol- und Linolensäure. Die langkettigen gesättigten Fettsäuren, wie die Palmitin- und vor allem Stearinsäure, werden schlechter resorbiert.

## Literatur

- 1) CZERMACK, H.; zitiert in O. KÖHLER. Der Säugling. Seine Entw. Pflege und Ernährung. 16. Aufl. S. Hirzel-Verlag, Leipzig S. 59 (1961)
- 2) FINKELSTEIN, H.; zitiert nach R. BECKMANN: Die künstliche Ernährg. d. ges. u. kranken Säuglings. Päd. Praxis 1, 157 (1962)
- 3) BIEDERT, PH.: Jahrb. Kinderheilk. 60 (1876), Dtsch. med. Wschr. 293 (1896)
- 4) SCHLOSS, E.: Über Säuglingsernährung. Berlin, S. Karger-Verlag (1912)
- 5) FRIEDENTHAL, H.: Münchn. med. Wschr. 58, 2385 (1911); Zeitschr. Kinderheilk. Ref. 1, 588 (1912)
- 6) MÜLLER, E., u. E. SCHLOSS: Jahrb. Kinderheilk. 80, 42 (1914)
- 7) CZERNY, A., u. H. KLEINSCHMIDT: Jahrb. Kinderheilk. 87, 1 (1935)
- 8) HOLT, L. E., H. C. TIDWELL, C. M. CIRK, D. M. CROSS, u. S. NEALE: Studies in fat metabolism. 1. Fat absorption in normal infants. J. Pediat. 6, 427 (1935)
- 9) GERSTENBERGER, H. J., H. D. HASKINS, H. H. MCGREGOR, u. H. O. RUH: Am J. Dis. Child. 10, 249 (1915)
- 10) FRONTALI, G. J.: 11. Kongress d. ital. päd. Gesellsch. Mailand 1924 Ref. im Zbl. ges. Kinderheilk. 19, 504 (1926)
- 11) WEIJERS, H. A., u. J. H. VAN DE KAMER: Act. Paed. 42, 97 (1953)
- 12) BURR, G. O., u. M. M. BURR: J. Biol. Chem. 82, 345 (1929); 86, 587 (1930)
- 13) HANSEN, A. E., R. A. STEWARD, G. A. HUGHES, u. L. SÖDERHJELM: The relation of linoleic acid to infant feeding. Act. paed. 51, Suppl. 137 (1962)
- 14) KAMER, J. H. VAN DE, H. TEN BOKKEL HUININK, u. H. A. WEIJERS: Rapid method for the determination of fat in feces. J. Biol. Chem. 117, 347 (1949)
- 15) JAMES, A. T., u. A. J. P. MARTIN: Biochem. J. 63, 144 (1956)
- 16) CROPPER, F. R., u. A. HEYWOOD: Nature (Lond.) 172, 1101 (1953) In D. H. DESTY: Vapour Phase Chromatogr. Butterworths Scientif. Publ. Ld. 1956; 316
- 17) DROESE, W., u. H. STOLLEY: Sekretion u. Resorption, in F. LINNEWEH: Die physiol. Entwickl. d. Kindes. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959
- 18) HOLT sen., L. E., A. M. COURTNEY, u. H. L. FALES: Am. J. Dis. Child. 18, 157 (1919); 19, 97, 201 (1920)
- 19) DROESE, W., u. H. STOLLEY: Die Wirkung der "Salzsäure-Milch" auf den Stoffwechsel ges. Säuglinge im 1. Lebensvierteljahr. Klin. Wschr. 42. Jahrgang Heft 4, 168 (1964)

- 20) MÜLLER, E.: Chemie u. Hygiene d. Milch. Mschr. Kinderheilk. 102 312 (1954)
- 21) WEIJERS, H.A.: Fat absorption in normal and abnormal infants and children. Verlag Dekker & Van de Vegt N. V. Utrecht (1950)
- 22) GERSTENBERGER, H. J., et al. siehe 9)
- 23) JOCHIMS, J.: Deutsche med. Wschr. 86, 851 (1961)
- 24) BURR, G. O., u. M. M. BURR siehe 12)
- 25) BERNHARD, K., u. R. SCHOENHEIMER: J. Biol. Chem. 133, 381 (1940)
- 26) HANSEN, A. E., R. A. STEWARD, et al. siehe 13)
- 27) BURR, G. O., J. B. BROWN, J. P. KASS, W. O. LUNDBERG: J. Nutr. 17, 14 Supp. (1937)
- 28) SKRAMP, S., F. STRICK, u. J. SCHORN: Hoppe-Seylers Zeitschr. Physiol. Chem. 259, 1 (1939)
- 29) WINCENT, H.: Bull. Acad. Méd. Paris 100, 782 (1928)
- 30) FOMON, S. J., u. D. BARTELS: Am J. Dis. Child. 99, 27 (1960)
- 31) LINDQUIST, B., u. R. MALMCRONA: Am. J. Dis. Child. 99 39 (1960)
- 32) BOUDREAU, u. J. M. DEMAN: The composition of milkfat diglycerides and partial glycerides obtained by pancreatic lipase hydrolysis. Biochem. Biophys. Acta 98, 47 (1965)
- 33) WELCH, H., F. HEINZ, G. LAGALLY, u. K. STUHLFAUTH: Fettresorption aus Frauenmilch bei Neugeborenen. Klin. Wschr. 43, 902 (1965)
- 34) GUILBERT, P., D. BAKER, u. L. A. BARNES: Fat retention in infants fed breast milk and humanized cow's milk. J. of Pediatr. 47, 683 (1955)
- 35) HUBER, E. G., u. F. SCHEIBL: Die Fettresorption bei verschiedenen Säuglingsnahrungen. Monatsschr. f. Kinderheilk. 109, 216 (1961)
- 36) LÖHR, H., u. H. WOLF: Bilanzstudien mit fettausgetauschter Milch. Pediatra Internationale Vol. IX, 69 (1959)
- 37) SCHEPPE, K. J., u. H. ZEISEL, et al.: Fettadaptierte MilCHFertignahrung im Kinderkrankenhaus. Medizin u. Ernährung. 6, 80 (1965)
- 38) DROESE, W., u. H. STOLLEY siehe 17)
- 39) GORDON, H. H., u. H. McNAMARA: Fat excretion of premature infants. 1. Am. J. Dis. Child. 62, 328 (1941)
- 40) HOLT jr., L. E., H. C. TIDWELL, C. M. KIRK, D. M. CROSS, u. S. NEALE: Studies in fat metabolism. siehe 8)
- 41) MARGET, W., u. F. DEBATIN: Monatsschr. Kinderheilk. 106, 141 (1958)

- 42) BLOMSTRAND, R., B. LINDQUIST, u. P. PAABO: The intestinal absorption of carbonlabelled oleic and palmitic acid in normal infant and cystic fibrosis of the pancreas. *Helv. Paed. Acta* 10, 640 (1955)
- 43) MUNK, J.: *Virchows Arch. Path. Anat.* 95 (1884)
- 44) FRAZER, A.C.: *J. Physiol. London* 102 (1943)
- 45) VERZAR, F.: *Arch. sci. physiol.* 2 (1948)
- 46) WIELAND, H., u. H. SORGE: *Zeitschr. physiol. Chem.* 97 (1916)
- 47) MACHEBOEUF, J.M.: *Compt. rend. Soc. Biol.* 142 (1948)
- 48) FAVARGER, P.: *Exposés ann. de biochem. méd.* 13 (1951)
- 49) PALAY, S.L., u. L. J. KARLIN: An electron microscopic study of the intestinal villus. I. The fasting animal. *J. biophys. biochem. Cytol.* 5, 363 (1959); - An electron microscopic study of the intestinal villus. II. The pathway of fat absorption. *J. biophys. biochem. Cytol.* 5, 373 (1959)

Auch auf diesem Wege möchte ich mich noch bei Herrn Professor Dr. K. Stuhlfauth für die gütige Überlassung des Themas bedanken.

Herrn Professor Dr. W. Lamprecht danke ich, daß ich alle Untersuchungen in seinem Institut durchführen durfte,

Herrn Dr. H. Welsch für die Vermittlung und Wahl der Probanden,  
und besonders Herrn Dipl. chem. F. Heinz für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung und Abfassung der Arbeit.

## Lebenslauf

Ich, Bernhard Weichmann wurde am 10. 7. 1942 in München als zweites Kind meiner Eltern, Bernhard Weichmann, nunmehr Oberstlandesgerichtsrat am Bayer. Obersten Landesgericht, und Dr. jur. Elisabeth W., geb. Deiler, geboren.

Im Elternhaus in München aufgewachsen besuchte ich die Volksschule am Evakuierungsort Altenstadt b. Schongau und in München, anschließend von 1952 - 1961 das Neue Realgymnasium in München, an dem ich im Juli 1961 die Reifeprüfung abgelegt habe.

Zum Studium der Medizin war ich ausschließlich an der Universität München eingeschrieben. Studienbeginn Wintersemester 1961/62, Vorphysikum Sommersemester 1962, ärztliche Vorprüfung mit "gut" bestanden Ende Wintersemester 1964, ärztliche Prüfung mit "gut" abgeschlossen am 28. 6. 1967.

Die vorgeschriebenen Praktika und Famulaturen habe ich am Kreiskrankenhaus Wolfratshausen, am Rot-Kreuz-Krankenhaus München und am städt. Krankenhaus München-Schwabing abgeleistet. Als Doktorarbeit habe ich bei Herrn Prof. Dr. Stuhlfauth an der Universitäts-Poliklinik das Thema "Fettresorption aus einigen Säuglingsnahrungen bei Neugeborenen" bearbeitet.







